

ANÁLISIS DEL TRANSPORTE DE ARENAS EN UN ÁREA IMPACTADA POR MINERÍA DE ÁRIDOS EN EL PARTIDO DE GRAL. MADARIAGA, IMPLICANCIAS AMBIENTALES

Taverna, Bernardo D.^{1*}; Antenucci, Daniel ²; Cicchino, Armando ³; Lupo, Sebastian ³ y Del Río, Julio Luis¹

¹ Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario – CICPBA
Funes 3350 Mar del Plata C.P. 7600
(0223) 475-4060
bdtaverna@hotmail.com

² Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – CONICET

³ GENEBSO – INBIOTEC

Resumen. La arena es uno de los recursos más utilizados por el hombre. El continuo crecimiento demográfico está produciendo el desplazamiento de asentamientos urbanos hacia territorios costeros. Esta situación requiere de un amplio consumo de arena para la construcción de viviendas e infraestructura demandados por dichos asentamientos. Gran parte de esta arena se extrae de las dunas cercanas a las ciudades costeras, de las que son el principal abasto. Sin embargo, esta extracción ejerce un profundo impacto sobre los ecosistemas dunares, que se ven afectados a diferentes niveles geomorfológicos y biológicos. De este modo las poblaciones vegetales y animales asociadas peligran en su continuidad en el área. El objetivo de este trabajo es analizar la dinámica sedimentaria en relación con el aporte de arenas en un área caracterizada por la extracción de áridos con la intención de reconocer el potencial para la rehabilitación ambiental del área impactada. Para llevar a cabo este estudio se dispuso un muestreador estático orientado con el fin de recolectar el material transportado por el viento en dos niveles de altura, con relevamientos periódicos. Se encontró que el aporte sedimentario de todos los sectores contribuye en el área impactada, no existen diferencias significativas entre las distintas direcciones. Se verificó que la dinámica sedimentaria presente aporta arenas a la cantera de áridos bajo el transporte de los vientos predominantes, lo cual tiene implicancias en la recuperación ambiental.

Palabras claves: Recuperación ambiental, Minería de áridos, aporte sedimentario

Introducción

La minería de áridos es una de las principales actividades que aportan material a la industria de la construcción y generación de infraestructura urbana (Ayala Caicedo *et al.*, 1996). Los agregados o áridos más usados en la construcción para edificar son aquellos que corresponden a la fracción arena. Tradicionalmente, la extracción de arenas se da en regiones costeras ricas en este recurso y cercanas a los asentamientos humanos (Lithgow *et al.*, 2013).

Las zonas costeras se están modificando fuertemente a través de acciones que pueden generar un deterioro, como por ejemplo la eliminación de dunas (Nordstrom, 2008). Las dunas costeras en vastas regiones son degradadas y se pierden debido a un amplio conjunto de acciones y actividades humanas, estas acciones alteran la dinámica costera y

los procesos naturales, eliminan la variabilidad topográfica, fragmentan, alteran o eliminan hábitats, reducen la biodiversidad y amenazan especies endémicas (Nordstrom, 2000, 2008; Ayyad, 2003; Martínez et al., 2006, 2013; De Luca et al., 2011; Faggi y Dadon, 2011).

En la actualidad se registran fuertes presiones en los ambientes costeros debidos a la tendencia humana de moverse cerca de la costa (Roberts y Hawkins, 1999; Brown y McLachlan, 2002). Se estima que para el 2020 cerca del 60% de la población residirá dentro de la franja de 60 km de la costa (UNCED, 1992). Muchas localidades remotas que estaban poco desarrolladas en el pasado están sometidas a la presión del desarrollo (Smith, 1992; Wong, 1993; Lubke *et al.*, 1995; Brown *et al.*, 2008). En la República Argentina la provincia de Buenos Aires no es la excepción, durante los últimos 40 años la franja costera conocida como costa atlántica ha mostrado un elevado desarrollo urbano (Marcomini y Lopez, 2006).

La extracción de arenas se realiza en territorio bonaerense en dos regiones: el delta del río Paraná y la costa atlántica. La mayor parte se extrae del área del delta del Paraná, aunque una fracción se extrae de la zona de médanos del litoral costero. En los partidos ubicados sobre el litoral, la extracción de arena es la actividad minera más importante, siendo en la mayoría de los casos la única (Caballé y Bravo Almonacid, 2006).

Sin duda esta situación genera una presión ambiental sobre los ecosistemas dunarios, de este modo para poder establecer la sustentabilidad de la actividad es necesario parametrizar y cuantificar la capacidad de recuperación natural que puede desarrollar el ambiente explotado. Se entiende por recuperación natural a la capacidad, de un área degradada por alguna actividad, que posee esa área de desarrollar componentes naturales del ecosistema representativos del ensamble ecológico existente previamente a la situación de impacto (Gallego Valcarce, 1992).

Sin embargo para lograr un estado de recuperación ambiental es condición fundamental que estén distribuidos en las inmediaciones del área impactada, los elementos bióticos y abióticos que componen el ecosistema primigenio. Dentro de los factores abióticos el sedimento es uno de los principales actores, debido a las características que puede presentar respecto de la capacidad de retención del agua, la mineralización o la capacidad de intercambio del dióxido de carbono (Noy-Meir, 1974; Austin *et al.*, 2004; Huxman *et al.*, 2004). Considerando al sedimento como uno de los elementos primarios en la memoria ecosistémica, que son los elementos internos y externos, bióticos y abióticos, de los que dispone el sistema natural para poder regenerar, amortizar ambientes que han sufrido impacto (Bengtsson *et al.*, 2003). Por lo tanto, es fundamental corroborar que el aporte de material sedimentario transportable eólicamente no se interrumpa, para permitir el desarrollo natural de una cobertura arenosa compatible con el estado previo a la explotación, que posea capacidad de sustentar una biota típica del ecosistema considerado.

Debido a la estrecha interacción que se establece entre todos los elementos de un ecosistema es de especial importancia, entonces, corroborar las condiciones de "normalidad" del sedimento para que, de este modo, proliferen las poblaciones vegetales y animales asociadas, principalmente la fauna excavadora que es una de las más lábiles

a las modificaciones del suelo. Se pueden citar como ejemplos los escarabajos de la familia Carábidos o los roedores del género *Ctenomys* (Reig *et al.*, 1990; Antinuchi y Busch, 1992). Siendo además estas especies ingenieros ecosistémicos, es decir, organismos cuya actividad tiene un profundo efecto en el modelado del hábitat donde se desenvuelven (Jones *et al.*, 1994; Lawton, 1994), tiene una importancia superlativa garantizar el desarrollo de estas especies en el área y de este modo asegurar un efecto de recuperación con mayor poder.

El objetivo de este trabajo fue analizar el potencial aporte de sedimento psamítico y su capacidad de contribución al área explotada con la intención de evaluar la capacidad de recomposición sedimentaria del área impactada, entendiendo esta situación como favorable para el posterior desarrollo de comunidades bióticas en los distintos sectores.

Área de estudio

El área de estudio se ubica en la cantera de arena de la empresa Arenera Querandí, situada sobre la Costa Atlántica de la Provincia de Buenos Aires, aproximadamente a los 37°23'20.06" S y 57°5'37.13" O, Partido de General Madariaga. El área está caracterizada por un clima templado húmedo/subhúmedo, con un promedio de precipitaciones anuales de 885 mm y una temperatura media anual de 14°C (Servicio Meteorológico Nacional). Geológicamente las dunas pertenecen a la Formación Punta Médanos (Parker, 1979) del Holoceno tardío-actual. Están formadas por arena de grano fino a medio, con un tamaño entre 0.204 y 0.261 mm. Presentan estructura entrecruzada eólica. Se extiende por toda la cadena de dunas y la playa adyacente como una franja longitudinal paralela a ella de hasta 3.5 km de ancho. El espesor arenoso varía según la altura de las dunas, que llegan a los 30 m en algunas porciones de la denominada barrera oriental.

Metodología

Con el objeto de identificar el efecto del aporte de sedimentos sobre el área estudiada, se colocó un muestreador estático direccional de hierro, situado en un punto central del área de explotación el día 18 de noviembre de 2016. El muestreador fue colocado en un sector límite entre la zona en explotación y un sector no impactado por actividades mineras. Hacia el norte se desarrolla un área de extracción activa con una pista de transporte de material de la cantera, y hacia el este y sur un área de dunas que no han sido explotadas. Este muestreador contó con dos alturas de recolección de material, una inferior, a una altura de 0,5 m de la superficie del suelo, y otra superior, a 1,5 m de la superficie, que se aplica en explotaciones mineras para determinar y caracterizar el material transportable eólicamente (cita el manual de restauración minero o algo así que es donde está el muestreador).

El material entrampado fue recolectado periódicamente (28 de diciembre de 2016, 13 de febrero, 7 de marzo y 05 de mayo de 2017). Las muestras, separadas según estrato de recolección en el muestreador (Inferior o superior) y punto cardinal, fueron clasificadas en 4 periodos según la fecha de recolección, a saber período 1 correspondiente al lapso de tiempo desde el 18/11/2016 hasta el 28/12/2016, período 2 desde el 28/12/2016 hasta 13/02/2017, período 3 desde el 13/02/2017 hasta el 07/03/2017 y el período 4 desde el 07/03/2017 hasta el 05/05/2017. De este modo, el período 1 coincide con la primavera, los

periodos 2 y 3 con el verano y el periodo 4 con el otoño. El material fue pesado en balanza con una precisión de 0.001gr. Se comparó lo observado en los distintos compartimientos del colector, de manera de poder identificar la dirección principal y el nivel de aporte de sedimentos en el área explotada. Los resultados fueron analizados en Microsoft Excel 2010.



Figura 1. Ubicación del muestreador dentro de la arenera.

Resultados

Norte: se registró un máximo de aporte sedimentario en el nivel superior correspondiente al período 1 con un peso de 4,66 g. Se puede observar luego un decrecimiento del material entrampado desde el sector Norte en los periodos siguientes. En el sector inferior se puede observar un máximo de aporte en el período 2 con un peso de 6,38 g. Fue seguido por el período 1 y más lejos los periodos 4 y 3 (Figura 2).

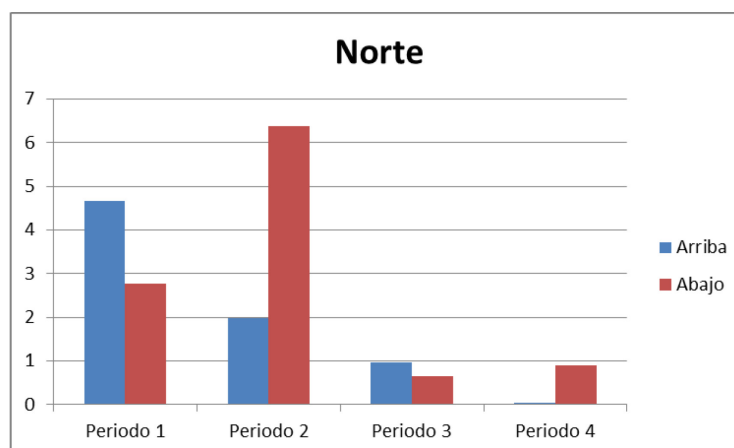
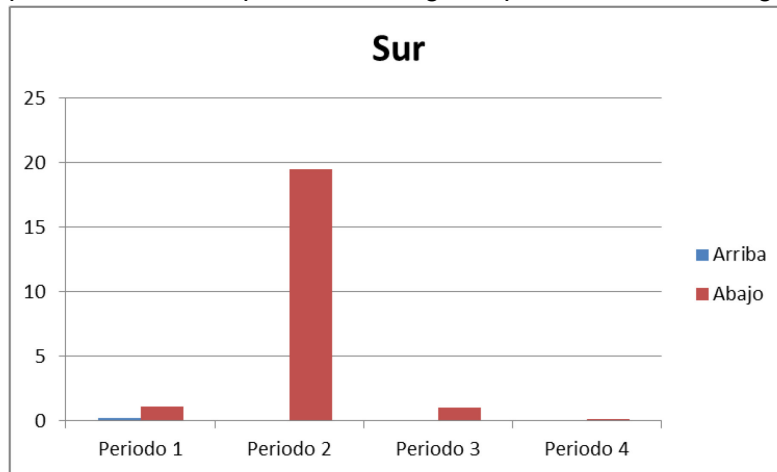


Figura 2. Histograma de las fracciones norte recogidas para cada periodo, el eje y representa el peso total entrampado por periodo, las unidades se expresan en gramos.

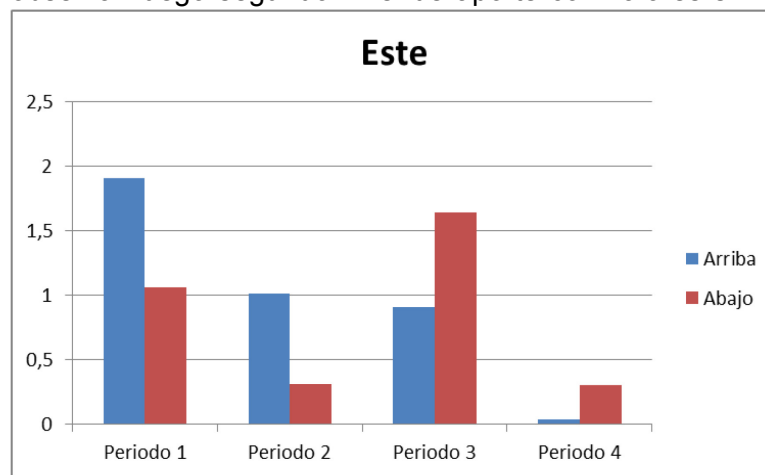
Sur: se registró un máximo de aporte sedimentario en el nivel superior correspondiente al período 1 con un peso de 0,21 g. Se puede observar luego un decrecimiento del material



entrampado desde el sector Norte en los periodos siguientes. En el sector inferior se puede observar un máximo de aporte en el período 2 con un peso de 19,94 g. Fue seguido por los período 1 y periodos 3 y más lejos el período 4 (Figura 3).

Figura 3. Histograma de las fracciones Sur recogidas para cada periodo, el eje y representa el peso total entrampado por periodo, las unidades se expresan en gramos.

Este: exhibió un aporte máximo en el nivel superior correspondiente al período 1 con un peso de 1,91 g. Se puede observar luego segundo nivel de aporte con valores similares en los periodos 2 y 3. El aporte decae significativamente en el periodo 4. En el sector inferior se puede observar un máximo de aporte en el período 3 con un peso de 1,64 g. Fue seguido por el período 1 y significativamente después se encuentra el aporte de los período 4 y 2 (Figura 4).



F
Figura 4. Histograma de las fracciones Este recogidas para cada periodo, el eje y representa el peso total entrampado por periodo, las unidades se expresan en gramos.

Oeste: se observó un aporte sedimentario máximo en el nivel superior correspondiente al período 2 con un peso de 6,57 g. Significativamente más bajo fueron los aportes del viento oeste en los períodos 4, 1 y 3 donde, para el último caso, casi no se registró aporte. En el sector inferior se puede observar un máximo de aporte en el período 2 con un peso

de 11,24 g. Se puede observar luego un alto aporte también para el período 4 seguido luego por el período 1, significativamente más bajo fue el aporte del viento oeste en el período 3 (Figura 5).

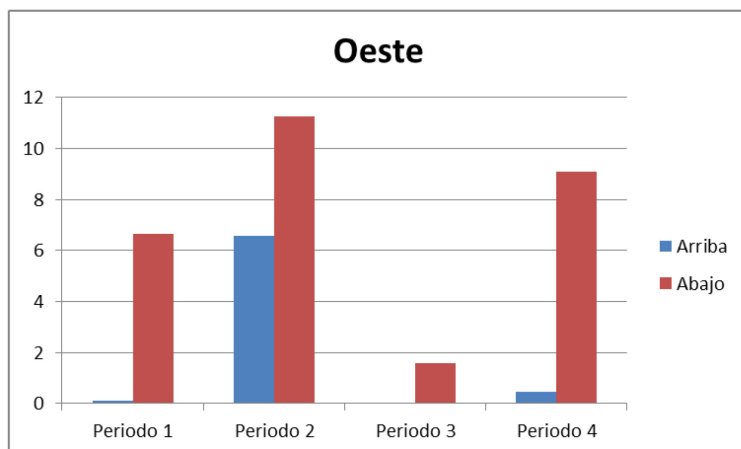


Figura 5. Histograma de las fracciones Oeste recogidas para cada periodo, el eje y representa el peso total entrampado por periodo, las unidades se expresan en gramos.

De forma general se puede observar que, para el nivel inferior, que representa el aporte correspondiente al material transportado posiblemente saltación o como carpeta tractiva, se observa una tendencia hacia un mayor aporte proveniente del sector norte y sur (Figura 6), sin embargo no existirían diferencias significativas entre el aporte de cada sector al área impactada (Figura 7).

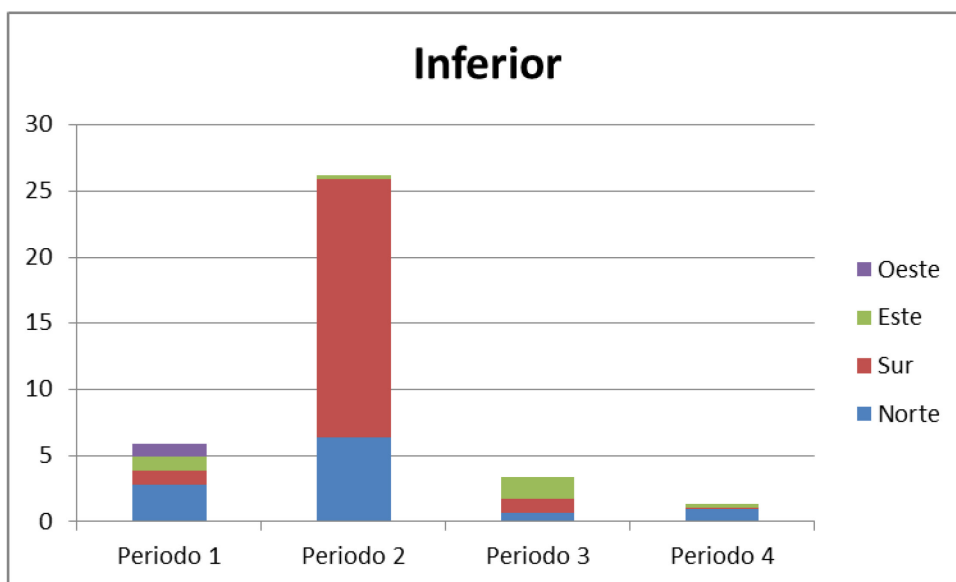


Figura 6. Histogramas acumulados por periodo correspondientes al nivel inferior, el eje y representa el peso total entrampado, las unidades se expresan en gramos.

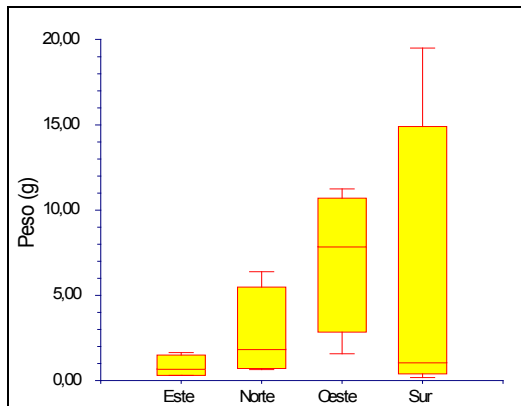


Figura 7. Box Plot de los pesos totales para cada sector para el nivel inferior

Del mismo modo se puede ver que para el nivel superior, que representa el aporte correspondiente al material transportado posiblemente por saltación y suspensión, se observa una tendencia hacia un mayor aporte del sector Norte y del Oeste (Figura 8), sin embargo, no existen diferencias significativas entre los sectores (Figura 9).

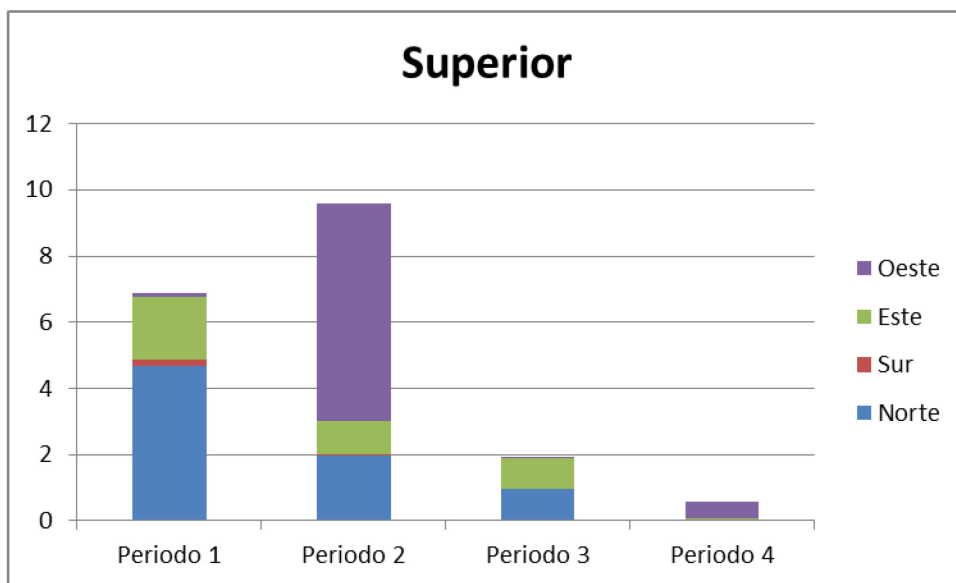


Figura 8. Histogramas acumulados por periodo correspondientes al nivel superior, el eje y representa el peso total entrampado, las unidades se expresan en gramos.

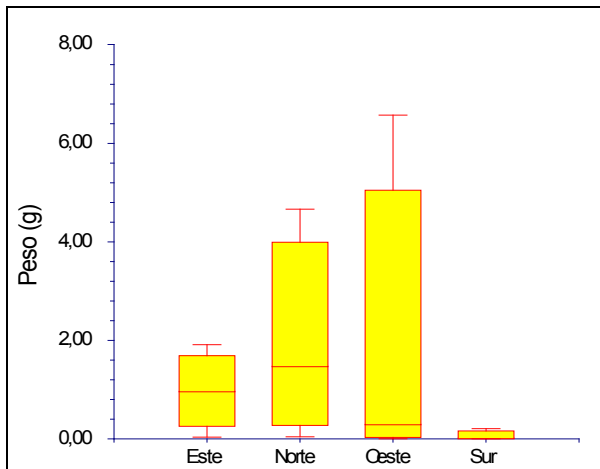


Figura 9. Box Plot de los pesos totales para cada sector para el nivel superior

Discusión

En medios sedimentarios con materiales susceptibles de ser removilizados, la intensidad del viento es el principal elemento que define la magnitud del transporte eólico (Bagnold, 1941; Hsu, 1974; Wasson y Hyde, 1983). La capacidad del viento de remover sedimento depende fundamentalmente del tamaño, forma y/o densidad de las partículas. Según esto, los mecanismos posibles de transporte son tres: tracción, suspensión y saltación. La acción del viento genera dos componentes del flujo de partículas, una horizontal (G) que transporta los granos por saltación y una vertical (F) que los moviliza por suspensión (Marticorena y Bergametti, 1995). No obstante, otros factores ambientales como el tipo de sustrato, contenido de humedad, pendiente topográfica y vegetación, debe ser también considerados (Gares, 1988; Hardisty y Whitehouse, 1988; Nickling, 1984).

En este estudio se puede observar que existe un aporte sedimentario al área impactada, donde todos los sectores aportan sedimento a la misma. El hábito de extracción que se utiliza para la minería de arena produce que se exponga material sedimentario que se encuentra suelto, de este modo este material tiene mayor disponibilidad para ser transportado en las zonas donde se produjo impacto por la actividad extractiva, que en aquellas zonas donde no ha habido impacto, donde los médanos se encuentran fijos por la vegetación. De esta manera, el aporte sedimentario del sector antropizado es equiparable con el de los sectores no impactados, con lo cual, se puede interpretar que el efecto antrópico de remoción y movilización de arena podría tener como efecto secundario la disponibilidad de sedimento para ser transportado hacia otras áreas que ya han sido impactadas.

La extracción de arena genera modificaciones en el ambiente, algunas de estas modificaciones incluyen cambios en la capacidad de drenado del agua que cae sobre estos sectores (Nordstrom, 2008). Una diferencia significativa en la capacidad de drenado del agua puede tener consecuencias profundas en la productividad del ecosistema (Schwinning *et al.*, 2004), alterando de esta forma el modo de vida de las especies asociadas, principalmente sobre la fauna excavadora. Sin embargo, al generarse aporte sedimentario desde todos los sectores hacia el área impactada se puede elevar, con el

tiempo, el nivel del suelo generando posiblemente condiciones similares a las preextractivas, de modo que la freática se encuentre más abajo.

La vegetación juega un papel determinante en la formación del sistema dunar costero. La presencia de la vegetación reduce el transporte sedimentario debido a que: 1) introduce una rugosidad mayor en la superficie, lo que disminuye el flujo del viento sobre la misma y 2) intercepta los granos en saltación y actúa como una superficie blanda que absorbe una gran cantidad de energía, favoreciendo la sedimentación (de Seoane, 2007). Se demostró que para el área impactada se desarrolló una comunidad vegetal estable conformada en gran medida por elementos florísticos autóctonos (Fernández Montoni *et al.*, 2013). Estas plantas podrían actuar de forma favorable para aumentar el entrapado de sedimento en el área y favorecer de este modo una recuperación ambiental sostenible.

Este desarrollo sedimentario puede generar la recomposición de uno de los elementos abióticos predominantes en la conformación del ecosistema como es el sedimento y llevar en última instancia a la reestructuración de los elementos faunísticos propios del ambiente y representados por la memoria ecosistémica interna y externa (Bengtsson, 2003). Entre estos elementos faunísticos, están las especies excavadoras, como las hormigas, los carábidos y los roedores subterráneos, como los miembros de la familia *Ctenomys*, los cuales cumplen funciones relevantes en el modelado del ambiente como ingenieros ecosistémicos (Jones *et al.* 1994, Reichman y Seabloom, 2002). Los miembros del género *Ctenomys* son roedores caviomorfos fosoriales que viven en cuevas que realizan paralelas al suelo a aproximadamente 30 cm de la superficie del suelo, saliendo a la superficie para alimentarse de los segmentos aéreos de las plantas (Antinuchi y Busch, 1992, Malizia *et al.* 2000). Debido a esta actividad excavadora los miembros de la especie *Ctenomys talarum* modelan el ambiente generando el movimiento de nutrientes en el suelo interviniendo en los ciclos geoquímicos de los minerales, además de, modificar la composición de especies vegetales en su área de influencia (Hansell, 1993; Malizia *et al.* 2000).

Existe un antecedente de observación de actividad de *Ctenomys talarum* en el área explotada que sería indicadora de una posible recolonización de la especie (Taverna *et al.*, 2016). Por este motivo es importante realizar el seguimiento de la dinámica de los individuos de *Ctenomys talarum* en el área de estudio ya que puede representar un elemento bioindicador efectivo para evaluar el nivel de recuperación ambiental al que puede acceder el yacimiento una vez concluida la explotación.

De este modo se produce una interacción apropiada entre estos elementos, que establece un precedente favorable en la recuperación ambiental y desarrollo posterior del ecosistema analizado. La disposición de alimento a través de la vegetación que se desarrolla en el área junto con el aporte creciente de sedimento puede generar condiciones favorables para el desarrollo de la fauna excavadora presente en el área y contenida en los elementos que conforman la memoria ecosistémica del ambiente dunario estableciendo una red trófica estable que genere un crecimiento sostenible del neoecosistema.

Conclusiones

- Los aportes de sedimento para la zona son de las direcciones zona Norte y Norte – Oeste.
- El aporte de material correspondiente a las zonas donde se desarrolla la actividad antrópica es equiparable o mayor al aporte de sectores no antropizados.
- El aporte sedimentario representa un elemento de relevancia en la recuperación ambiental del área impactada.

Bibliografía

- Antinuchi, C. D. & Busch, C. 1992. Burrow structure in the subterranean rodent *Ctenomys talarum*. Z. Säugetierkd. 57, 163—168.
- Austin, A. T., Yahdjian, L., Stark, J. M., Belnap, J., Porporato, A., Norton, U., ... & Schaeffer, S. M. (2004). Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. *Oecologia*, 141(2), 221-235.
- Ayala Caicedo, F.J., Valdillo Fernández, L., López Jimeno C., Aramburu Maqua M.P., Escribano Bombin M., Escribano Bombin R. 1996. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Instituto Tecnológico Geo-Minero de España, Madrid
- Ayyad, M.A. 2003. Case studies in the conservation of biodiversity: degradation and threats. *Journal of Arid Environment* 54 (1), 165–182.
- Bagnold, R.A. 1941. *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*. Chapman and Hall: 265 p. London.
- Bengtsson, J., Angelstam, P., Elmqvist, T., Emanuelsson, U., Folke, C., Ihse, M., ... & Nyström, M. 2003. Reserves, resilience and dynamic landscapes. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 32(6), 389-396.
- Brown, A. C. and McLachlan, A. 2002. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. *Environmental Conservation* 29: 62–77.
- Brown, A. C., Nordstrom, K. F., McLachlan, A., Jackson, N. L., and Sherman, D. J. 2008. The future of sandy shores. In *The Waters, Our Future. Prospects for the Integrity of Aquatic Ecosystems*, ed. N. Polunin. Cambridge: Cambridge University Press.
- Caballé M. y M. Bravo Almonacid. 2006. MINERÍA COSTERA. En: Isla F. I. y C. A. Lasta. *Manual de Manejo Costero para la Provincia de Buenos Aires*. EUDEM. 281 pp.
- De Luca, E., Novelli, C., Barbato, F., Menegoni, P., Iannetta, M., Nascetti, G., 2011. Coastal dune systems and disturbance factors: monitoring and analysis in central Italy. *Environmental Monitoring and Assessment* 183, 437–450.
- de Seoane, C. L. V., Fernández, J. B. G., & Pascual, C. V. 2007. *Manual de restauración de dunas costeras*. Direccion General de Costas. Pág. 37.
- Faggi, A., Dadon, J., 2011. Temporal and spatial changes in plant dune diversity in urban resorts. *Journal of Coastal Conservative* 15, 585–594.
- Fernández Montoni, M. V., Honaine, M. F., and del Río, J. L. 2014. An Assessment of Spontaneous Vegetation Recovery in Aggregate Quarries in Coastal Sand Dunes in Buenos Aires Province, Argentina. *Environmental management*, 54(2), 180-193
- Gallego Valcarce, E., y Vadillo Fernández, L. 1992. Reclaiming areas degraded by mining operations. In *Planning the Use of the Earth's Surface* (pp. 393-408). Springer Berlin Heidelberg.

- Gares, P. A. 1988. Factors affecting eolian sediment transport in beach and dune environments. *Journal of coastal research*, 121-126.
- Hansell, M. H. 1993, The ecological impact of animal nests and burrows. *Functional Ecology* 7:5-12.
- Hardisty, J., & Whitehouse, R. J. S. 1988. Evidence for a new sand transport process from experiments on Saharan dunes. *Nature*, 332(6164), 532-534.
- Hsu, S. A. 1975. Computing eolian sand transport from routine weather data. In *Coastal Engineering 1974* pp. 1619-1626.
- Huxman, T. E., Cable, J. M., Ignace, D. D., Eilts, J. A., English, N. B., Weltzin, J., & Williams, D. G. 2004. Response of net ecosystem gas exchange to a simulated precipitation pulse in a semi-arid grassland: the role of native versus non-native grasses and soil texture. *Oecologia*, 141(2), 295-305.
- Jones, C. G., Lawton, J. H. and Shachak, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69:373-386.
- Lawton, I. R. 1994. What do species do in ecosystems? *Oikos* 71:367-374
- Lithgow D., Martínez, M.L., Gallego-Fernández, J.B., Hesp, P.A., Flores, P. and Gachuz S. 2013. Linking restoration ecology with coastal dune restoration. *Geomorphology* 199:214–224
- Lubke, R. A., Hertling, U. M., & Avis, A. M. 1995. Is *Ammophila arenaria* (Marram grass) a threat to South African dune fields?. *Journal of Coastal Conservation*, 1(2), 103-108.
- Malizia A. I., Kittlein M. J., Busch C. 2000. Influence of the subterranean herbivorous rodent *Ctenomys talarum* on vegetation and soil. *International journal of mammalian biology*, 65, 172 – 182.
- Marcomini, S.C., López, R. 2006. Geomorfología costera y explotación de arena de playa en la provincia de Buenos Aires y sus consecuencias ambientales. *Rev Bras Geomorfol* 7(2):61–71
- Marticorena, B.; Bergametti, G. 1995. Modelling the atmospheric dust cycle. *Journal of Geophysical Research* 100 (8): 16415-16430.
- Martínez, M.L., Gallego-Fernández, J.B., García-Franco, J.G., Moctezuma, C., Jiménez, C.D. 2006. Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic disturbances along the Gulf of México. *Environmental Conservation* 33 (2), 109–117.
- Martínez, M.L., Hesp, P.A., Gallego-Fernández, J.B., 2013b. Coastal dunes: human impact and need for restoration. In: Martínez, M.L., Gallego-Fernández, J.B., Hesp, P.A. (Eds.), *Coastal Dune Restoration*. Springer Verlag, Germany, pp. 1–14 (Chapter 1).
- Nickling, W. G. (1984). The stabilizing role of bonding agents on the entrainment of sediment by wind. *Sedimentology*, 31(1), 111-117.
- Nordstrom, K.F., 2000. *Beaches and Dunes on Developed Coasts*. Cambridge University Press, UK (338 pp.).
- Nordstrom, K.F. 2008. *Beach and Dune Restoration*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Noy-Meir I. 1974. Desert ecosystems: higher trophic levels. *Annu Rev Ecol Syst* 5:195–214
- Parker, G. 1979. Geología de la planicie costera entre Pinamar y Mar de Ajó., Pcia. De Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 34 (3): 167 – 183.
- Reig, O. A., Busch, C., Ortells, M. O. & Contreras, J. R. 1990. An overview of evolution, systematics, population biology, cytogenetics, molecular biology, and speciations in

Ctenomys. In: Evolution of Subterranean Mammals at the Organismal and Molecular Levels (Nevo, E. & Reig, O. A. eds). Wiley-Liss, New York, pp. 71—96.

- Roberts, C. M. and Hawkins, J. P. 1999. Extinction risk in the sea. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 241–246.
- Schwinning, S., Sala, O. E., Loik, M. E., & Ehleringer, J. R. 2004. Thresholds, memory, and seasonality: understanding pulse dynamics in arid/semi-arid ecosystems.
- Smith, R. A. 1992. Conflicting trends of beach resort development: a Malaysian case. *Coastal Management* 20: 167–187.
- Taverna, B. D., Antenucci, D., Del Río J. L. 2016. Efecto de la minería de áridos sobre la dinámica poblacional de la especie *Ctenomys talarum* en un yacimiento de gral. madariaga. Congreso Biólogos en Red XI. ISBN 1853-3426.
- UNCED. 1992. Protection of oceans, all kinds of seas, including enclosed and semi-enclosed seas, and coastal areas and the protection, rational use and development of their living resources, Ch. 17, Agenda 21, United Nations Conference on Environment and Development.
- Wasson, R. J., & Hyde, R. 1983. Factors determining desert dune type. *Nature*, 304(5924), 337-339.
- Wong, P. P., ed. 1993. Tourism vs Environment: the Case for Coastal Areas. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.